

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <sup>6</sup> H02P 5/41		(45) 공고일자	2002년07월03일
		(11) 등록번호	10-0322256
		(24) 등록일자	2002년01월14일
(21) 출원번호	10-1998-0038805	(65) 공개번호	특2000-0020272
(22) 출원일자	1998년09월18일	(43) 공개일자	2000년04월15일
(73) 특허권자	한국전력공사 서울 강남구 삼성1동 167번지한국남동발전 주식회사     윤행순 서울특별시 강남구 삼성동 167한국서부발전 주식회사 서울특별시 강남구 삼성동 167 한국중부발전(주) 서울특별시 강남구 삼성동 167 한국남부발전 주식회사 서울특별시 강남구 삼성동 167		
(72) 발명자	김찬기 대전광역시 유성구 전민동 삼성푸른아파트 110동 101호 김장목 대전광역시 유성구 전민동 삼성푸른아파트 107동 801호 임익현 대전광역시 중구 태평2동 407번지 삼부아파트21동 155호 류홍우 대전광역시 중구 태평2동 407번지 삼부아파트21동 155호		
(74) 대리인	김명섭, 이화익		

심사관 : 이우영

(54) 공간전압벡터방식을이용한정지형여자시스템

요약

본 발명은 공간 전압 벡터 방식을 이용한 정지형 여자 시스템에 관한 것으로, PWM 부스트 컨버터와 PWM 인버터를 이용하여 발전기 계자 전원을 제어하되, 상기 PWM 부스트 컨버터는 공간전압 벡터 변조 방식을 이용한 PWM 부스트 컨버터 제 어부를 이용하여 역률제어와 DC출력 전압의 크기를 제어하며, 상기 인버터는, 상기 발전기 출력전압 및 전류를 측정하여 발전기의 전압을 지령하는 설정치와 비교하고 비례적분 제어를 거쳐 삼각파와 비교한 신호를 이용하여 PWM 인버터의 스위치 제어를 하도록 구성함에 특징이 있다. 또한, 본 발명은 AC/DC 컨버터를 통해 계자에 여자전원을 공급하는 회로와, 공진 전압 벡터 변조 방식에 의해 게이트 제어를 받는 3상 전원을 DC전원으로 변환시키는 AC/DC 컨버터, 그 AC/DC 컨버터의 출력전압을 부스트 컨버터를 통해서 상기 계자에 공급하는 회로를 병렬로 연결하여 이중화 시 킴에 특징이 있다.

대표도

도3

영세서

도면의 간단한 설명

- 도 1은 일반적인 동기 발전기용 전압원 정지형 여자 시스템 구성도.
- 도 2는 도 1에 의한 일반적인 정지형 여자시스템의 제어 블록도.
- 도 3은 본 발명에 의한 정지형 여자 시스템의 구성도.
- 도 4는 도 3에 의한 PWM 부스트 컨버터의 제어블록도.
- 도 5는 PWM 부스트 컨버터 게이팅 신호 발생기의 내부 회로도.
- 도 6은 도 4의 3/2상 변환장치를 나타내는 개념도.
- 도 7은 도 3의 PWM 인버터의 제어블록도.

도 8은 도 3의 시스템과 도 1의 시스템을 병렬로 연결한 이중화 시스템을 나타낸 도면.

도 9는 도 3의 시스템과 도 1의 시스템 2개를 병렬로 연결한 삼중화 시스템을 나타낸 도면.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

10 : 전력용 변압기	20 : PWM 부스트 컨버터
30 : 역류 방지부	40 : PWM 인버터
50 : 이니셜 플레싱부	60 : 발전기
61 : 발전기의 계자	100 : PWM 부스트 컨버터 제어부
111 : 전압 지령치	112,115,116 : 가산기
113,118,119 : PI제어기	114 : 역률 제어기
117 : 3/2상 좌표 변환기	120 : 게이팅 시간 계산기
121 : 게이팅 신호 발생기	210 : 자동 제어부
220 : PWM 인버터 제어부	511 : 초기신호 발생기
512 : 다운 카운터	513 : 신호발생기
514 : 클럭발생기	515 : 데드타임 발생기
516 : 플립플롭	517,518 : 앤드 게이트
610 : 3/2상 변환부	620 : 정지/회전 좌표계
221 : 발전기 전압 설정치	222,225 : 가산기
223 : PI제어기	224 : 삼각파 발생기
226 : 데드 타임 발생기	227,228 : 앤드 게이트

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 정지형 여자 시스템에 관한 것으로, 특히, 기존의 정지형 여자 시스템의 특성을 가지고 있으면서 AC 회전형 여자 시스템의 장점을 가지는 공간 전압 벡터 방식의 컨버터를 이용한 정지형 여자 시스템에 관한 것이다.

발전기가 전력을 생산하기 위해서 필요로 하는 것이 터빈과 여자 시스템인데 터빈은 발전기에 속도와 기계적인 힘을 보내 주는 것이며 여자 시스템은 발전기의 계자에 자속을 공급해 주는 장치이다. 따라서 발전기의 역할은 터빈에서 나오는 기계적인 힘을 전기적인 힘으로 바꾸어 주는 역할을 한다. 발전기는 수용가의 부하에 관계없이 발전기의 전압과 주파수를 일정하게 제어할 필요가 있다. 이러한 발전기의 전압을 제어하는 장치가 여자 제어 시스템이다.

여자 제어 시스템의 종류로는 크게 AC 여자 제어 시스템과 정지형 여자 제어 시스템으로 나뉘어 있다.

AC 여자 제어 시스템은, 발전기의 계자에 공급하는 전원을 AC 회전기기를 이용하여 계자에 공급하며 AC 회전기기의 계자의 전압을 제어함으로써 간접적으로 발전기의 전압을 제어한다. 이때 AC 회전형 여자 시스템의 전원은 별도의 발전소내 전원을 이용하던가 아니면 AC 회전기기의 출력단 전압을 이용하기도 한다.

반면에 정지형 여자 시스템은, 발전기의 출력단 전압을 변압기를 통하여 강 압된 전원을 대용량 전력 변환장치(예를 들면, 싸이리스터 컨버터나 IGBT 컨버터)를 통하여 계자에 공급한다. 따라서 AC 회전형 여자 시스템과 정지형 여자시스템의 장단점을 분석하면 다음과 같다.

#### AC 회전형 여자 시스템

##### <장점>

- 1) 전압조정 범위가 넓다.
- 2) 여자 시스템의 전원이 계통사고의 영향을 받지 않는다.
- 3) 계통사고시 계통차단 시간(clearing time)이나 발전기 리액턴스의 여유도가 높다.
- 4) 계자 차단기의 용량이 작아도 된다.
- 5) 냉각의 문제점이 작다.

##### <단점>

- 1) 발전기의 축이 길어진다.

- 2) 계통에 존재하는 서브 하모닉(Subharmonic)에 의해서 토셔널 모드 (Tortional Mode)가 생기기 쉽다.
- 3) 회전기를 사용하기 때문에 보수성이 용이 하지 않다.
- 4) 발전기의 계자에 전류를 공급하기 위해서 여자 발전용 회전기기기를 이용하기 때문에 시간 지연이 상당히 크다.

#### 정지형 여자 시스템

##### <장점>

- 1) 발전기의 축이 짧아도 된다.
- 2) 계통에 존재하는 서브 하모닉에 의해서 토셔널 모드가 거의 없다.
- 3) 회전기를 사용하지 않기 때문에 보수성이 용이 하다.
- 4) 여자 전원을 발전기단에서 공급받기 때문에 시간 지연이 작다.

##### <단점>

- 1) 전압조정 범위가 작다.
- 2) 여자 시스템의 전원이 계통사고의 영향을 받는다.
- 3) 계통사고시 계통차단 시간이나 발전기 리액턴스의 여유도가 작다.
- 4) 계자 차단기의 용량이 크다.
- 5) 냉각의 문제점이 크다.

상기 정지형 여자 시스템의 단점을 해결하고자하는 기술중에는, 발전기의 출력단에 대형 리액터를 삽입하여 고장시에 대전류가 흐르면 리액터의 전압을 이용하여 여자 시스템의 전원을 확보하여 계통 사고에 대한 대응 능력을 높이는 'GENERREX' 여자 시스템이 있으나, 이러한 형태는 발전기가 과도 안정도 즉 고장에 대한 대응 능력만을 고려한 것으로써 리액터의 크기와 발전기 전압의 조정범위가 좁다라는 단점은 그대로 남는다.

도 1은 기존의 동기 발전기용 전압원 정지형 여자 시스템(Potential Source Excitation System)의 시스템 구성도를 나타내고 있다.

일반적인 정지형 여자 시스템은 발전기의 출력단 전력을 여자 시스템의 입력전력으로 사용하는 방식으로 발전기(4)의 출력단 전압을 여자 시스템용 입력전압으로 변환하는 전력용 변압기(PPT : Power Potential Transformer)(1)와, 그 전력용 변압기(1)의 출력 3상 전원을 이용하여 여자 시스템용 DC전원으로 변환시켜 상기 발전기(4)의 계자(3)의 여자전원으로 공급하는 AC/DC 컨버터(2)와, 그 AC/DC 컨버터(2)의 AC/DC 변환 제어를 위한 게이트 시그널을 발생시켜 제어하는 콘트롤러(5)로 구성된다.

도 2는 도 1에서 보여주는 일반적인 정지형 여자 시스템의 제어 블록도를 나타내고 있는 것으로, 도 1의 콘트롤러(5)의 제어 블록도이다.

발전기(4)의 출력단자의 전압과 전류를 측정하여 제한시키기 위한 전압 측정용 변압기(5a) 및 전류 측정용 변류기(5b)와, 그 전압 측정용 변압기(5a) 및 전류 측정용 변류기(5b)를 통해 제한되는 발전기의 단자전압과 전류에 의거하여 발전기 전압을 자동 조정하는 자동제어부(5c)와, 자동제어부(5c)의 지령값을 조정하는 조정기(5d)와, 여자 시스템 전압이나 발전기 전압의 제한없이 여자 시스템에 일정한 값을 지령하는 수동제어부(5e)와, 상기 AC/DC 컨버터(2)의 출력을 검출하여 수동제어부(5e)의 기준값으로 공급하는 전류 변류기(5f)와, 상기 수동 제어부(5e)의 지령값을 조정하는 조정기(5f)와, 수동제어부(5e)와 자동제어부(5d)의 출력에 의해 수동제어와 자동제어를 자동선택 하는 선택기(5g) 및 그 선택기(5g)의 출력신호에 의거하여 상기 AC/DC 컨버터(2)의 점호각을 제어하는 점호각 제어부(5h)로 구성되어 진다.

그리고, 발전기(4)의 계자(3)에 밧데리를 통하여 초기 구동 전원을 인가하는 이니셜 프래싱(Initial Flashing)회로(6)가 더 포함된다.

이와같은 일반적인 정지형 여자 시스템은, 발전기(4)의 계자(3)에 처음으로 전원을 인가하는 이니셜 프래싱(Initial Flashing)회로(6)를 이용하여 DC전압을 인가하면 계자에 자속이 생기고 이 자속에 의하여 발전기(4)의 출력전압이 생긴다.

그리고 이 전압을 강압용 변압기(1)를 통하여 AC/DC 컨버터(2)전원으로 들어간다. 다음으로 발전기 전압의 제한없이 여자 시스템에 일정한 값을 지령하는 수동제어부(5e)와 발전기의 단자전압과 전류를 제한하여 발전기 전압을 자동 조정하는 자동 제어부(5d)의 신호를 점호각 신호를 전달하는 점호각 제어부(5h)를 통하여 AC/DC컨버터(2)를 제어한다. 또한 자동 제어부(5d)에는 발전기의 전압과 전류의 측정은 전압 측정용 변압기(5a)와 전류 측정용 변류기(5b)를 이용하여 자동으로 발전기의 출력전압 및 전류를 제한시켜 발전기 출력에 따라 자동으로 제어하도록 한다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

그러나 상기와 같은 일반적인 정지형 여자 시스템은, 발전기의 출력전력을 검출하여 여자 시스템을 제어하도록 되어 있으므로, 발전기 출력단 전압 강하에 따른 여자 전원 확보에 어려움이 있고, 단일 시스템이므로 여자 시스템의 어느 계통 에 고장이 발생되면 이에 대한 대응 능력이 떨어지는 단점이 있었다.

따라서, 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 공간 벡터 전압 방식을 이용한 PWM 부스트 컨버터와 PWM 인버터를 합성한 여자시스템을 제공하기 위한 것이다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, PWM 부스트 컨버터와 부스트 컨버터 및 인버터를 이용하여 발전기 계자 전원을 제어하되, 상기 PWM 부스트 컨버터는 공간전압 벡터 변조 방식을 이용한 PWM 부스트 컨버터 제어부를 이용하여 역류제어와 DC출력 전압의 크기를 제어하며, 상기 인버터는, 상기 발전기 출력 전압 및 전류를 측정하여 발전기의 전압을 지령하는 설정치와 비교하고 비례적분 제어를 거쳐 삼각파와 비교한 신호를 이용하여 PWM 인버터의 스위치 제어를 하도록 구성함에 특징이 있다.

또한, 본 발명은 AC/DC 컨버터를 통해 계자에 여자전원을 공급하는 회로와, 공진 전압 벡터 변조 방식에 의해 게이트 제어를 받는 3상 전원을 DC전원으로 변환시키는 AC/DC 컨버터, 그 AC/DC컨버터의 출력전압을 부스트 컨버터를 통해서 상기 계자에 공급하는 회로를 병렬로 연결하여 이중화 시킴에 특징이 있다.

또한, 상기 이중화 시스템에서, 상기 IGBT를 이용한 AC/DC 컨버터를 한 단 더 포함시켜 2단으로 병렬 구성함으로써, 고장에 대비하도록 구성함에 특징이 있다.

### 발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조해서 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 3은 본 발명에 의한 여자 제어 시스템의 구성도를 나타내고 있다.

본 발명의 여자 시스템은, 발전기(60)의 출력전압을 3상 여자 전원으로 변환시키는 전력용 변압기(10)와, 그 전력용 변압기(10)의 3상 출력전원을 PWM방식으로 직류전압으로 승압 변환시키는 PWM 부스트 컨버터(20)와, 다이오드를 이용하여 역류를 방지하는 역류 방지부(30)와, 그 역류 방지부(30)의 출력을 스위칭 하여 상기 발전기(60)의 계자(61)에 여자 전원을 공급하는 PWM인버터(40)와, 상기 발전기(60)의 계자(61)에 초기 구동전원을 공급하는 이니셜 프래싱회로(50)와,

상기 전력용 변압기(10)의 출력에서 3상 전류( $I_{aT}$ ,  $I_{bT}$ ,  $I_{cT}$ )를 검출하는 수단(101) 및 상기 PWM 부스트 컨버터(20)의 부스트 콘덴서 양단 전압( $V_{oc}$ )을 검출하는 수단(102)을 통해 3상 전류와 직류 전압을 입력받아 전압 지령치 및 역류제어값 과 비교하고 비례적분제어를 거쳐 상기 PWM 부스트 컨버터의 게이팅 신호를 발생시키는 PWM 부스트 컨버터 제어부(100)와,

상기 발전기(60)의 출력단 3상 전압( $V_a$ ,  $V_b$ ,  $V_c$ )을 검출하는 변압기(201) 및 3상 전류( $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$ )를 검출하는 변류기(202)와, 그 변압기(201)와 변류기(202)의 3상신호를 90도 위상 차이를 갖는 dq 정현파로 변환하는 3/2상 좌표 변환기(203)(204)와, 그 3/2상 좌표 변환기(203)(204)의 출력신호와 자동전압 조정기(AVR)의 자동 지령치를 비교하여 비례적분 제어하는 자동전압 제어부(210)와, 상기 계자(61)에 공급되는 전류( $I_f$ )를 검출하는 전류 검출기(205)와, 그 전류 검출기(205)의 검출 전류( $I_f$ )와 상기 자동전압 제어부(210)의 자동 전압 제어치 및 수동 전압 제어기(MVR)의 지령치를 비교하여 그 차이를 비례적분 제어하고 삼각파신호와 비교하여 상기 PWM인버터(40)의 스위칭 신호를 발생시키는 PWM인버터 제어부(220)로 구성된다.

즉, 본 발명은, 크게 승압용 PWM 부스트 컨버터(20)와, PWM 인버터(40)를 통해 계자(61)의 여자 전압을 제어하되, 그 PWM 부스트 컨버터 제어부(100)를 통하여 공간 전압 벡터 방식으로 PWM 부스트 컨버터(20)의 게이팅 신호를 발생하여 역류과 전압 크기를 제어하며, 자동전압 제어부(210)에서 상기 발전기(60)의 출력단 전압 과 전류를 게환받아 자동 제어 지령치와 비교하여 비례적분 제어를 하고, PWM인버터 제어부(220)에서 상기 자동전압 제어부(210)의 자동 제어값과 수동 지령치 및 계자(61)에 공급되는 전류를 비교하여 비례적분 제어를 거쳐 삼각파와 비교하여 상기 PWM인버터(40)의 스위칭을 제어하도록 구성된다.

상기 승압용 PWM 부스트 컨버터(20)는 다이오드를 내장하고 있는 IGBT를 이 용하고 있기 때문에, IGBT나 GTO과 같은 ON/OFF제어를 할 수 있는 반도체 소자를 스위칭함으로써 역류를 1로 유지하면서 전파 정류된 전압 이상으로 승압할 수 있는 기능이 있다. 또, PWM 부스트 컨버터(20)의 출력단 전압이 이상적으로 커지는 경우에는 PWM 부스트 컨버터 제어부(100)의 신호를 조합함으로써 발전기쪽으로 에너지를 되돌려 보낼 수 있는 기능을 가지고 있다.

다음으로 PWM 인버터 (40) 는 PWM 부스트 컨버터(20)의 직류 출력  $V_{oc}$ (102)을 이용하여 계자(61)의 전압을 조정한다.

그리고 본 발명의 시스템은 정지형 여자 시스템의 일종으로, 발전기 계자 (61)에 처음 전원을 인가하는 이니셜 프래싱 (Initial Flashing)회로(50)와, 여자 시스템 전압이나 발전기 전압의 게환없이 여자 시스템에 일정한 값을 지령하는 수 동제어부(MVR)과, 발전기의 단자전압과 전류를 게환하여 발전기 전압을 자동 조정 하는 자동제어부(AVR)와, 자동 제어부에 발전기의 전압과 전류를 변환하여 전달하는 전압 측정용 변압기(201)와, 전류 측정용 변류기(202) 및 전압과 전류의 3상 신호를 3/2상 변환하는 dq좌표 변환기(203), (204)가 구성된다.

도 4는 도 3의 PWM 부스트 컨버터 제어부의 블럭도를 나타낸 도면으로, 발전기(60)로부터 인가되는 전력을 PWM 인버터(40)에 공급하기 위해서 PWM 부스트 컨버터(20)를 적절하게 제어하기 위한 제어 블럭도를 나타내고 있다.

PWM 부스트 컨버터 제어부(100)는, 부스트 컨버터의 콘덴서 전압을 제어하기 위한 여자 전압

지령치(111)와 부스트 컨버터의 콘덴서 양단 전압( $V_{oc}$ )을 비교하여 그 차이를 검출하는 제1가산기(112)와, 그 제1가산기(112)의 출력신호를 비례적분 제어하는 제1비례적분 제어기(113)와, 상기 전력용 변압기(10)의 2차측 3상 전류 ( $I_{ar}$ ,  $I_{br}$ ,  $I_{cr}$ )를 90위상차를 가지는 d축, q축 2상 정현파 신호로 좌표변환시켜 각 기 직류전압으로 변환하는 3/2상 좌표 변환기(117)와, 그 3/2상 좌표 변환기(117)의 d축신호와 상기 제1비례적분제어기(113)의 출력신호를 비교하여 그 차를 구하는 제2가산기(115)와, 상기 3/2상 좌표 변환기(117)의 q축 신호와 역률 지령치를 제공하는 역률제어기(114)의 출력신호를 비교하여 그 차를 구하는 제3가산기(116)와, 상기 제2가산기(115)와 제3가산기(116)의 출력신호를 각각 비례적분 제어하는 제2, 제3비례적분 제어기(118)와, 그 제2, 제3 비례적분 제어기(118)(119)의 출력신호와 상기 부스트 컨버터의 직류전압( $V_{oc}$ )에 의거하여 3상의 게이팅 타이밍 신호( $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ )를 발생하는 게이팅 시간 계산기(120)와, 그 게이팅 타이밍 신호( $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ )를 각각 카운트하여 상기 PWM 부스트 컨버터(20)의 3상의 게이트 신호( $A^+$ ,  $A^-$ )( $B^+$ ,  $B^-$ )( $C^+$ ,  $C^-$ )를 발생하는 게이트 신호 발생기(121)로 구성된다.

도 5는 PWM 부스트 컨버터 게이팅 신호 발생기의 내부 구성도이다. 이에 도시된 바와 같이, 3상의 PWM 제어기를 위해 각 상별로 게이트 타이밍 신호( $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ )를 각기 입력받아 다운 카운팅하여 각상의 게이트 신호 ( $A^+$ ,  $A^-$ )( $B^+$ ,  $B^-$ )( $C^+$ ,  $C^-$ )를 각기 발생하도록 동일 구성의 3개의 신호 발생기(510, 520, 530)로 구성된다.

하나의 신호발생기는 초기 온/오프 신호를 발생하는 초기신호 발생기(511)와, 해당 게이트 타이밍 신호( $T_a$ )를 다운 카운트 하기 위한 지령치(Load 값)를 발생하는 로드 신호 발생기(513)와, 상기 게이트 타이밍 신호( $T_a$ )가 입력되면 상기 로드 신호 발생기(513)의 지령값에서부터 다운 카운트를 시작하는 다운 카운터 (512)와, 그 다운 카운터의 동기를 맞추기 위한 클럭신호를 발생하는 클럭 발생기 (514)와, 상기 초기신호 발생기(511)의 초기 온/오프 신호를 출력함과 아울러 상기 다운 카운터(512)의 다운 카운트 완료에 따른 세트 신호에 의거하여 온/오프 신호를 교대로 출력하는 플립플롭 (F/F)(516)과, 상기 다운 카운터(512)의 세트신호에 의거하여 상기 클럭발생기(514)의 클럭신호에 동기되어 두개의 스위칭소자가 동시에 도통되는 것을 방지하기 위한 데드 타임신호를 출력하는 데드 타임 발생기(515)와, 그 데드타임 발생기(515)의 출력신호와 상기 플립플롭(516)의 출력신호를 앤드 조합하여 해당 상의 제1신호( $A^+$ )를 발생하는 제1앤드게이트(517)와, 상기 플립플롭 (516)의 출력을 반전시킨 신호와 상기 데드타임 발생기(515)의 출력신호를 앤드 조합하여 해당상의 제2신호( $A^-$ )를 발생하는 제2앤드 게이트(518)로 구성된다. 여기서 제1신호( $A^+$ )는 PWM 부스트 컨버터의 제1상의 제1 IGBT의 게이트 제어신호로 공급되고, 제2신호( $A^-$ )는 상기 PWM 부스트 컨버터의 제1상의 제1 IGBT와 직렬연결된 제2 IGBT의 게이트 제어신호로 공급된다.

도 6은 도 4의 3/2상 좌표 변환기(117)를 보여주는 것으로써, 정현파 형태의 3상 신호를 90도의 위상차이를 갖는 dq정현파로 변환하는 3/2상 변환부(610)와, 그 3/2상 변환(610)을 거친 신호가 직류성분의 dq 신호로 변환되는 정지/회전 좌표계 (620)가 구성된다. 그리고, 도 3의 3/2상 좌표 변환기(203),(204)는 도 6과 동일하게 구성된다.

이와같이 구성된 본 발명의 작용을 설명하면 다음과 같다.

도 2와 같은 여자 시스템에서는 발전기의 출력전압이 작아지면 여자 시스템의 입력전압이 작아져 발전기가 정지하게되는 데, 이에 반해 본 발명에 의한 도 3의 시스템은 발전기 전압이 작아져도 부스트 컨버터를 이용하면 입력전압에 관계없이 콘덴서 전압을 승압시킬수 있다. 이 때문에 발전기의 전압 조정범위가 넓어진다. 일반적으로 도 2와 같은 시스템은 발전기의 전압조정 범위가 60%이상임에도 불구하고 도 3과 같은 시스템은 발전기의 전압조정범위가 20%이상도 가능하다.

이러한 점이 발명의 배경에서 설명한 AC회전형 여자 시스템이 가지는 장점을 발명한 정지형 여자 시스템에 부가한 것이다.

본 발명의 시스템 동작 순서는 다음과 같다. 우선 발전기의 초기 전압을 확립하기 위해서 인이셜 프레스부(50)의 스위치를 투입하면, 발전기가 전압을 확립한다. 그러면 강압 변압기(10)를 통하여 PWM 부스트 컨버터(20)에 전압이 인가되면 PWM 부스트 컨버터 소자의 스위칭에 의해서 역률이 제어되면서 PWM 부스트 컨버터 (20) 출력단 전압이 PWM 부스트 컨버터(20)의 콘덴서에서 승압된다.

다음으로 승압된 콘덴서 전압( $V_{oc}$ )(102)은 PWM 인버터(40) 입력전원으로 이용되며 PWM 인버터 (40)의 스위칭에 따라 인버터의 출력은 발전기의 계자(61)에 전류를 공급하고 공급된 전류에 의해서 발전기(60)의 출력 전압은 제어된다.

상기 도 4에 도시된 PWM 부스트 컨버터 제어부(100)의 동작을 설명한다. PWM 부스트 컨버터(20)를 제어하려는 경우에, 3상 입력전압이 DC전압으로 바뀌기 위해 서는 도 3에 보이는 바와 같이, 6개의 전력변환소자(IGBT나 GTO 반도체 소자)를 순차적으로 제어 해야 한다.

만약 도 3의  $A^+$ 와  $A^-$ 가 동시에 도통하게 되면, 반도체 소자에는 과전류가 흐르게되어 컨버터가 손상되기 때문에  $A^+$ 와  $A^-$ 는 항상 반대의 출력값을 출력해야 한다.

그리고 도 3의  $A^-$ ,  $B^+$ ,  $C^+$ 의 스위칭 다음에  $A^+$ ,  $B^+$ ,  $C^+$ 가 도통하게 되면 3상 평형조건이 깨지기 때문에 컨버터의 DC 출력 전압이 나오지가 않는다. 그러므로, 3상 즉 6개의 소자를 순차적으로 도통시켜야 하고 이때 A, B, C와 같은 전력 변환소자의 도통시간을 조절하면 역률제어와 컨버터의 DC 출력 전압의 크기가 제어될 수 있다.

공간 전압 벡터 변조 방식은 A, B, C와 같은 전력 변환소자의 도통시간을 계산하여 역률을 제어하면서 DC 출력 전압을 제어할 수 있는 방식을 말한다. 제어 순서는 다음과 같다.

PWM 부스트 컨버터 제어부의 제어동작은, PWM 부스트 컨버터(20)의 DC 출력 단(102)의 전압( $V_{oc}$ )을 피드백 받아 이 신호를 DC전압 지령치(111)와 제1가산기(112)를 통해 비교하여 공간전압 벡터 방식으로 상기 PWM 부스트 컨버터(20)의 게이팅신호를 제어하게 된다.

한편, 강압용 변압기(10)의 2차측에서 측정된 전류신호( $I_{ar}$ ,  $I_{br}$ ,  $I_{cr}$ )를 3/2상 좌표 변환기(117)에서 입력받아 위상차이가 90도인 d축과 q축의 직류성분 신호로서 변환시키고, 그 q축 전류와 상기 제1 PI제어기(113)의 출력을 제2가산기(115)에서 비교하여 제2 PI제어기(118)로 신호를 내보낸다. 또한, d축 전류를 제어하는 역할을 제어기(114)의 출력신호와 상기 3/2상 좌표 변환기(117)의 d축전류는 제3가산기(116)에서 비교하여 제3 PI제어기(119)로 신호를 보낸다.

여기서, 3상을 2상으로 변환하면 d축은 무효분의 값이 되기 때문에 d축의 값을 0 놓으면 무효분의 전류가 0이 되고, 이 때문에 역률 1로의 제어가 가능하다.

따라서 d축전류를 제어하는 역률제어기(114)가 있으며 d축과 q축의 성분을 이용하여 PWM 부스트 컨버터(20)의  $A^+$ ,  $A^-$ ,  $B^+$ ,  $B^-$ ,  $C^+$ ,  $C^-$ 의 스위칭 시간을 결정하는 게이팅 시간 계산기(120)와 PWM 부스트 컨버터(20)의  $A^+$ ,  $A^-$ ,  $B^+$ ,  $B^-$ ,  $C^+$ ,  $C^-$ 를 스위칭하는 게이트 신호 발생기(121)를 통하여 PWM 부스트 컨버터(20)가 동작한다.

도 5는 PWM 부스트 컨버터 게이팅 신호 발생기의 내부 회로도를 보여 주는 것으로, 게이팅 타이밍 신호( $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ )가 입력되면, 이 신호를 다운 카운터(512)를 이용하여 신호 발생기(513)로부터 지령된 값부터 반대로 카운트를 한다. 또한 다운 카운터(512)를 이용한 게이팅 지속 발생신호는 동기를 맞추어 주어야 하기 때문에 클럭 발생기(514)에서 다운 카운터(512)에 펄스를 입력한다. 다운카운터(512)에서 출력된 값은 ON/OFF 동작만을 하는 플립플롭(516)에 신호를 인가하여 ON/OFF 동작이 일어나도록 한다.

한편, PWM 부스트 컨버터(20)의  $A^+$ ,  $A^-$ 가 동시에 스위칭되면 소자가 파손된 우려가 있기 때문에  $A^+$ ,  $A^-$ 가 동시에 도통되는 것을 막기 위한 데드 타임 발생기(515)가 있으며, 데드 타임 발생기(515)의 출력신호와 플립플롭(516)에서 출력되는 신호를 AND게이트(517)(518)를 통해 PWM 부스트 컨버터(20)를 동작시킨다.

$B^+$ ,  $B^-$  신호 발생기(520)와  $C^+$ ,  $C^-$  신호 발생기(530)의 내부동작은  $A^+$ ,  $A^-$ 신호 발생기(510)와 같다.

도 6은 도 4에서 보여주는 3/2상 좌표 변환기(117) 및 도 3의 3/2상 좌표 변환기(d/q컨버터)(203), (204)를 보여주는 것으로써, 정현파 형태의 3상 신호를 90도의 위상차이를 갖는 dq 정현파로 변환하는 3/2상 변환부(610)가 있으며, 3/2상 변환부(610)를 거친 신호가 직류성분의 dq 신호로 변환되는 정지/회전 좌표계(620)가 있다.

도 7은 도 3의 PWM 인버터의 제어블럭도로서, 발전기의 전압을 지령하는 발 전기 전압 설정치(221)와 실제 발전기 출력 단전압을 측정한 측정치( $V_g$ )를 가산기(222)를 통해 비교하여 PI제어기(223)에 입력하고, 그 PI 제어기(223)의 출력신호와 삼각파 발생기(224)의 출력신호를 가산기(225)에서 비교하고, 그 가산기(225)의 출력신호를 이용하여 PWM 인버터의 스위치  $D^+$ ,  $D^-$ ,  $E^+$ ,  $E^-$ 를 도통 시킨다. 즉, 상기 가산기(225)의 출력신호와 그 가산기(225)의 출력신호에 의해 데드타임을 발생시키는 데드타임 발생기(226)의 출력신호를 두개의 앤드 게이트(227)(228)를 통해  $D^+$ ,  $D^-$ ,  $E^+$ ,  $E^-$ 를 출력하여 PWM인버터(40)를 스위칭 시킨다.

한편, 도 8은, 본 발명의 변형 실시예로서, 이에 도시된 바와 같이, 도 3의 PWM 부스트 컨버터, 역류방지 다이오드 및 PWM 인버터의 구조와 도 1의 AC/DC컨버터를 병렬로 연결한 이중화 시스템을 보여주고 있다.

이와같은 구조의 이중화 시스템은, 발전기의 전압이 정상적인 경우 AC/DC컨버터(810)를 통해서 발전기의 여자전압을 공급하고, 발전기의 출력단 전압이 강하되는 경우 부스트 컨버팅 기능이 있는 PWM 부스트 컨버터(820), 역류방지 다이오드(830) 및 PWM 인버터(840)를 거쳐 발전기의 계자(61)에 여자전원을 공급한다. 물론, PWM 부스트 컨버터 제어부는 도 3의 제어부와 동일한 구성이고, 상기 AC/DC 변환기(810)의 게이트 제어신호도 점호각 제어수단을 통해서 제어를 한다. 이에따라 도 3과 도1의 장점을 결합한 시스템이 된다.

또한, 도 9는 도 8에서 AC / DC 컨버터를 한단 더 포함시켜 구성한 구조로서 이는 도 3의 시스템과 도 1의 시스템 2개를 병렬로 연결한 삼중화 시스템을 보여준다. 이경우 2개의 AC/DC 컨버터(910), (920)가 병렬 연결되어 있으므로, 둘중 어느 한쪽이 이상이 생기면 자동으로 다른쪽에서 동작되어 제어를 하게 되며, 아울러 발전기 출력전압이 강하되는 경우에 PWM 부스트 컨버터(930), 역류방지 다이오드 (940) 및 PWM인버터(950)를 통해서 승압되어 필요로하는 안정된 전압으로 발전기의 계자에 공급할 수 있어서 더욱 안정성을 확보할 수 있게 된다.

#### 발명의 효과

본 발명의 장점을 열거하면 다음과 같다.

- 1) 설비가 간단하고 보수가 용의한 정지형 타입이다
- 2) 발전기 출력단의 전압강하에 따른 여자 전원확보가 가능하다.
- 3) 본 시스템은 시스템 구조가 2중화 시스템임으로 시스템 고장에 대한 강인성이 높다.

- 4) 부스트-벅 컨버터로만 구성된 2중화 시스템 보다는 에너지 손실이 작다.
- 5) 정상상태에서나 과도상태에서 안정한 운전이 가능하다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1

발전기의 출력단 전압을 전력용 변압기를 통해 강압시킨후 직류로 변환시켜 발전기 계자의 여자전원을 공급하는 여자 시스템에 있어서,

상기 전력용 변압기의 3상 출력전원을 전력변환소자를 이용한 PWM방식으로 스위칭하여 역률제어 및 전압 크기를 제어한 직류전압으로 변환시키는 PWM 부스트 컨버터(20)와;

그 PWM 부스트 컨버터(20)의 출력전원을 다이오드를 이용한 역류 방지부(30)를 통하여 입력받아 스위칭에 의해 발전기의 계자에 여자전원을 공급하는 PWM인버터(40)와;

PWM 부스트 컨버터(20)의 콘덴서 전압을 제어하기 위한 여자 전압 지령치(111)와 부스트 컨버터의 콘덴서 양단 전압( $V_{dc}$ )을 비교하여 그 차이를 검출하는 제1가산기(112)와, 제2가산기(112)의 출력신호를 비례적분 제어하는 제1비례적분 제어기(113)와, 상기 전력용 변압기(10)의 2차측 3상 전류( $I_{aT}$ ,  $I_{bT}$ ,  $I_{cT}$ )를 90위상차를 가지는 d축, q축 2상 정형파 신호로 좌표변환시켜 각기 직류전압으로 변환하는 3/2상 좌표 변환기(117)와, 그 3/2상 좌표 변환기(117)의 d축신호와 상기 제1비례적분제어기(113)의 출력신호를 비교하여 그 차를 구하는 제2가산기(115)와, 상기 3/2상 좌표 변환기(117)의 q축 신호와 역률 지령치를 제공하는 역률제어기(114)의 출력신호를 비교하여 그 차이를 구하는 제3가산기(116)와, 상기 제2가산기(115)와 제3가산기(116)의 출력신호를 각각 비례적분 제어하는 제2, 제3비례적분 제어기(118)와, 그 제2, 제3 비례적분 제어기(118)(119)의 출력신호와 상기 부스트 컨버터의 직류전압( $V_{dc}$ )에 의거하여 3상의 게이팅 타이밍 신호( $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ )를 발생하는 게이팅 시간 계산기(120)와, 게이팅 타이밍 신호( $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ )를 각각 카운트하여 상기 PWM 부스트 컨버터(20)의 3상의 게이트 신호( $A^+$ ,  $A^-$ )( $B^+$ ,  $B^-$ )( $C^+$ ,  $C^-$ )를 발생하는 게이트 신호 발생기(121)로 이루어진 PWM 부스트 컨버터 제어수단과;

상기 발전기(60)의 출력단 3상 전압( $V_a$ ,  $V_b$ ,  $V_c$ )을 검출하는 변압기(201) 및 3상 전류( $I_a$ ,  $I_b$ ,  $I_c$ )를 검출하는 변류기(202)와, 그 변압기(201)와 변류기(202)의 3상신호를 90도 위상 차이를 갖는 dq 정형파로 변환하는 3/2상 좌표 변환기(203)(204)와, 그 3/2상 좌표 변환기(203)(204)의 출력신호와 자동전압조정기(AVR)의 자동 지령치를 비교하여 비례적분 제어하는 자동전압 제어부(210)와, 상기 계자(61)에 공급되는 전류( $I_f$ )를 검출하는 검류 검출기(205)와, 그 전류 검출기(205)의 검출 전류( $I_f$ )와 상기 자동전압 제어부(210)의 자동 전압 제어치 및 수동 전압 제어기(MVR)의 지령치를 비교하여 그 차이를 비례적분 제어하고 삼각파신호와 비교하여 상기 PWM인버터(40)의 스위칭 신호를 발생시키는 PWM인버터 제어부(220)로 구성된 PWM 인버터 제어수단으로 구성된 것을 특징으로 하는 공간전압 벡터 방식을 이용한 여자 시스템.

##### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 PWM 부스트 컨버터 게이팅 신호 발생기는,

3상의 PWM제어를 위해 각 상별로 게이트 타이밍 신호( $T_a$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ )를 각기 입력받아 다운 카운팅하여 각 상의 게이트 신호( $A^+$ ,  $A^-$ )( $B^+$ ,  $B^-$ )( $C^+$ ,  $C^-$ )를 각기 발생하도록 동일 구성의 3개의 신호 발생기(510, 520, 530)로 구성하되,

상기 3개의 신호 발생기 중 적어도 하나의 신호발생기는

초기 온/오프 신호를 발생하는 초기신호 발생기(511)와,

해당 게이트 타이밍 신호( $T_a$ )를 다운 카운트 하기 위한 지령치(Load 값)를 발생하는 로드 신호 발생기(513)와,

상기 게이트 타이밍 신호( $T_a$ )가 입력되면 상기 로드 신호 발생기(513)의 지령값에서부터 다운 카운트를 시작하는 다운 카운터(512)와,

그 다운 카운터의 동기를 맞추기 위한 클럭신호를 발생하는 클럭 발생기 (514)와,

상기 초기신호 발생기(511)의 초기 온/오프 신호를 출력함과 아울러 상기 다운 카운터(512)의 다운 카운트 완료에 따른 세트 신호에 의거하여 온/오프 신호를 교대로 출력하는 플립플롭(F/F)(516)과,

상기 다운 카운터(512)의 세트신호에 의거하여 상기 클럭발생기(514)의 클럭신호에 동기되어 두개의 스위칭 소자가 동시에 도통되는 것을 방지하기 위한 데드 타임신호를 출력하는 데드 타임 발생기(515)와,

그 데드타임 발생기(515)의 출력신호와 상기 플립플롭(516)의 출력신호를 앤드 조합하여 해당 상의 제1 신호( $A^+$ )를 발생하는 제1앤드게이트(517)와,

상기 플립플롭(516)의 출력을 반전시킨 신호와 상기 데드타임 발생기(515)의 출력신호를 앤드 조합하여 해당상의 제2신호( $A^-$ )를 발생하는 제2앤드 게이트(518)로 구성된 것을 특징으로 하는 공간전압 벡터 방식을 이용한 여자 시스템.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,  
상기 3/2상 좌표 변환기(117)는,  
정현파 형태의 3상 신호를 90도의 위상차이를 갖는 dq정현파로 변환하는 3/2상 변환부(610)와,  
그 3/2상 변환(610)을 거친 신호가 직류성분의 dq 신호로 변환되는 정지/회전 좌표계(620)로 구성된 것을 특징으로 하는 공간전압 벡터 방식을 이용한 여자 시스템.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,  
PWM 인버터의 제어부(220)는,  
발전기의 전압을 지령하는 발전기 전압 설정치(221)와, 실제 발전기 출력 단전압을 측정한 측정치( $V_g$ )를 비교하는 제1 가산기(222)와,  
그 가산기(222)의 출력신호를 비례적분 제어하는 PI제어기(223)와,  
그 PI 제어기(223)의 출력신호와 삼각파 발생기(224)의 출력신호를 비교하는 제2 가산기(225)와,  
그 제2 가산기(225)의 출력신호를 이용하여 상기 PWM 인버터의 상하 스위칭 소자가 동시에 온되는 것을 방지하기 위한 데드타임을 발생시키는 데드타임 발생기(226)와,  
상기 데드 타임 발생기(226)의 출력신호와 상기 제2 가산기(225)의 출력신호 및 그 출력신호를 반전시킨 신호를 각각 앤드 조합하여 상기 PWM 인버터의 스위치  $D^+$ ,  $D^-$ ,  $E^+$ ,  $E^-$  를 발생시키는 두개의 앤드 게이트(227)(228)로 구성된 것을 특징으로 하는 공간전압 벡터 방식을 이용한 여자 시스템.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,  
상기 여자 시스템은,  
발전기의 출력단의 전압 및 전류치를 궤환받아 발전기 전압 지령치와 비교하여 점호각 제어방식으로 스위칭이 제어되는 AC/DC 컨버터를 더 포함시켜, 상기 PWM 부스트 컨버터, 역류 방지부 및 PWM인버터와 병렬로 연결하여 구성된 것을 특징으로 하는 공간전압 벡터 방식을 이용한 여자 시스템.

### 청구항 6

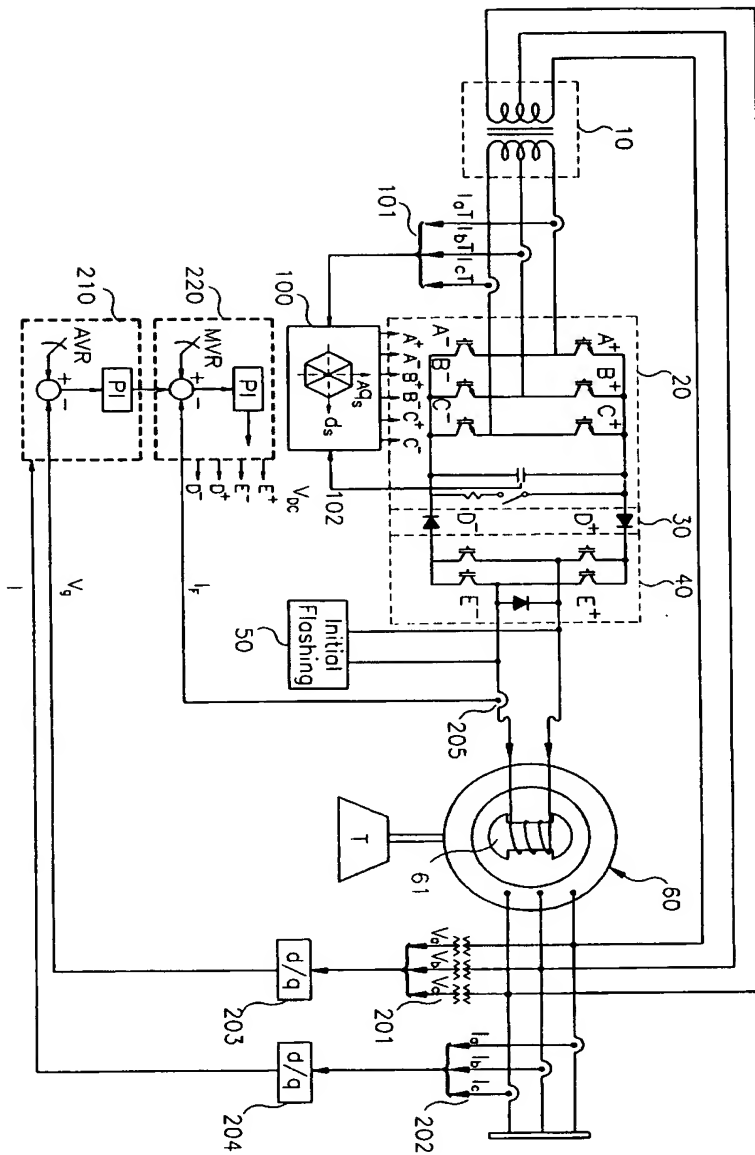
제 7 항에 있어서,  
상기 여자 시스템은,  
상기 AC/DC 컨버터와 병렬 연결된 다른 AC/DC컨버터가 하나 더 포함된 것을 특징으로 하는 공간전압 벡터 방식을 이용한 여자 시스템.

도면

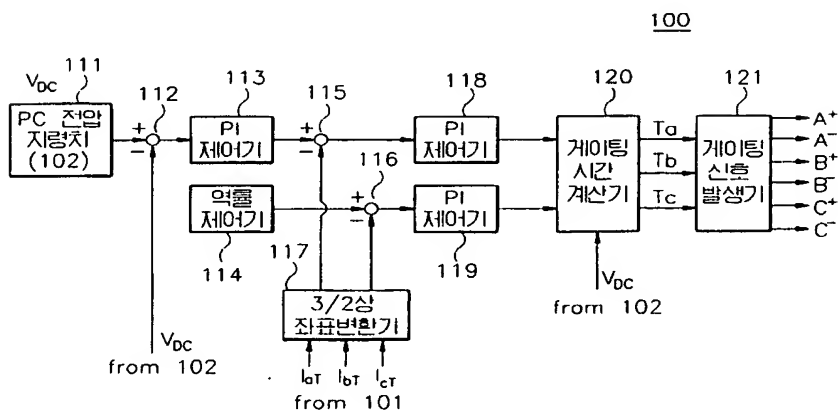




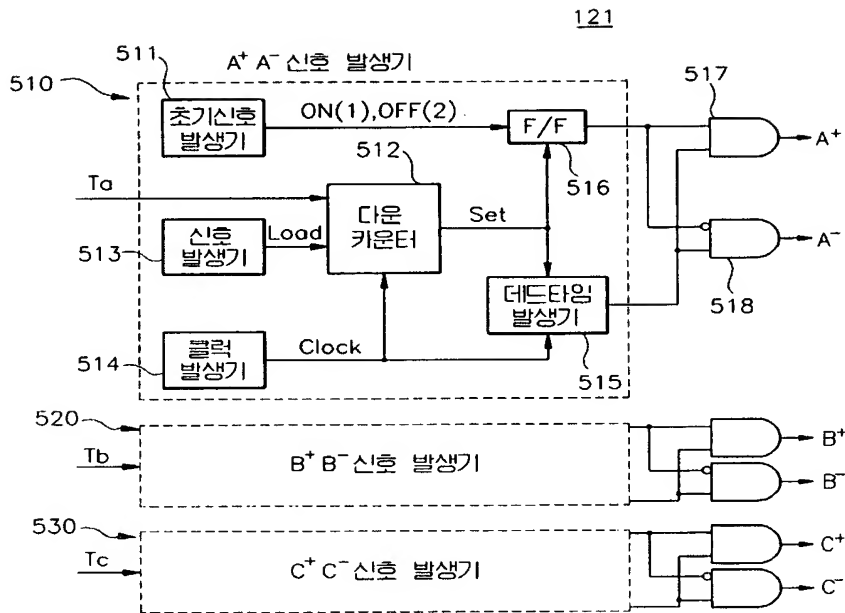
도면3



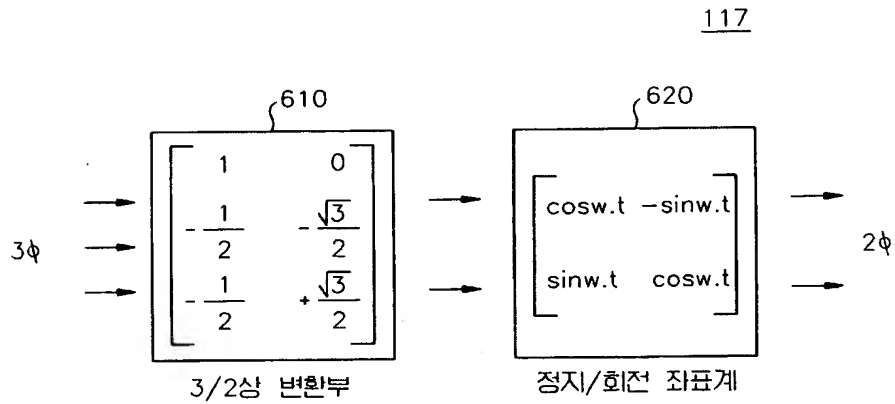
도면4



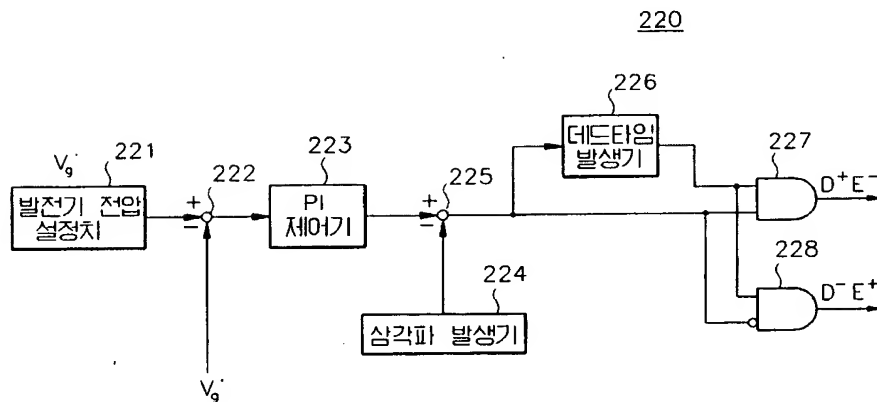
도면5



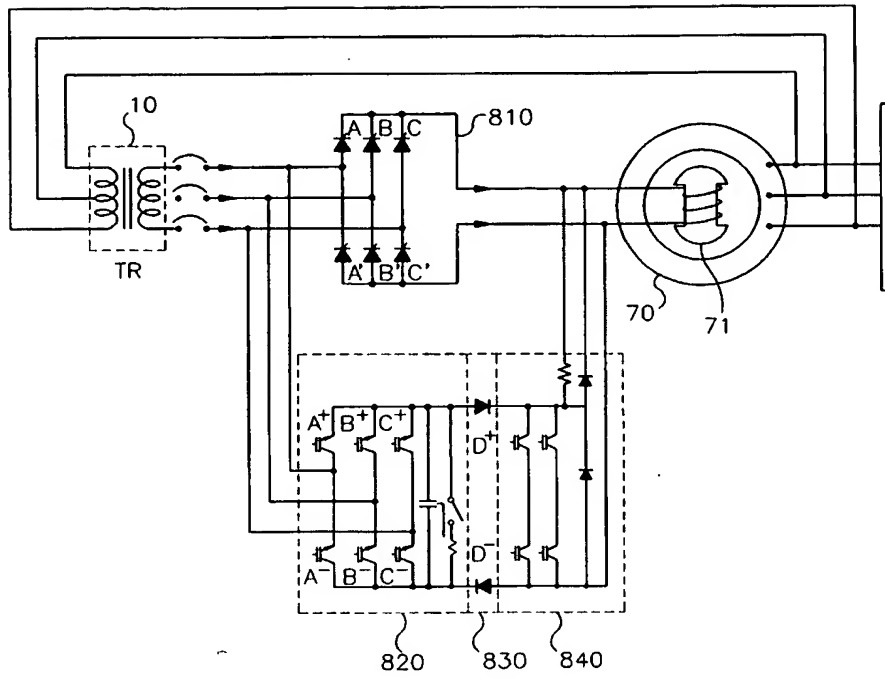
도면6



도면7



도면8



도면9

